

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-184898

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 6 F 17/50

G 0 6 F 15/60

6 2 8 A

G 0 6 T 17/00

15/62

3 5 0 A

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願平9-349403

(22) 出願日

平成9年(1997)12月18日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 野崎 直行

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

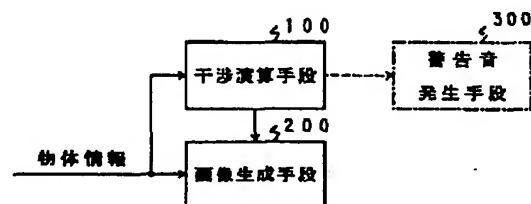
(74) 代理人 弁理士 山田 正紀

(54) 【発明の名称】 物体移動シミュレーション装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、物体どうしの接触（干渉）が問題となる、部品の組み立てや装置内の可動部品の挙動確認といった作業をシミュレーションにより行なう物体移動シミュレーション装置に関し、最接近線や干渉点が見やすく、かつ物体との位置関係の把握が、容易な三次元画像を表示する。

【解決手段】2つの物体の干渉状態を注意する干渉演算手段100と、関心物体の移動に伴って、干渉演算手段100にその演算を実行させながら関心物体と他の最近接物体との間の最近接線と複数の物体とからなる三次元画像を生成する画像生成手段200と、その生成された画像を表現する画像表示手段300を備え、画像生成手段200、関心物体の移動に伴って順次に、前記最接近線に垂直な方向に視点を移動し移動後の視点から該最接近線の方角を眺めたときの三次元画像を生成するものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の物体をあらわす情報に基づいて、該複数の物体のうちのいずれかの関心物体と該関心物体を除く他の物体との間の、該関心物体に最接近している最接近物体上の該関心物体への最接近点と、該関心物体上の該最接近物体への最接近点とからなる2つの最接近点の検出を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記2つの最接近点どうしを結ぶ最接近線をあらわす仮想物体を含む三次元画像を生成する画像生成手段とを備え、

該画像生成手段が、前記最接近線に垂直な方向に視点を移動し移動後の視点から眺めたときの三次元画像を生成するものであることを特徴とする物体移動シミュレーション装置。

【請求項2】 前記画像生成手段が、移動中の関心物体の今回の移動の前後において、移動後の最接近線の中点を通り該最接近線を法線とする平面上に移動前の視点から垂線を下し、前記中点から、該垂線が該平面に交わる点に向かう直線上に視点を移動し、移動後の視点から眺めたときの、移動後の最接近線をあらわす仮想物体を含む移動後の複数の物体の三次元画像を生成するものであることを特徴とする請求項1記載の物体移動シミュレーション装置。

【請求項3】 前記画像生成手段が、移動中の関心物体の今回の移動の前後において、移動後の最接近線の中点を通り該最接近線を法線とする平面上の点であって、移動後の最接近線をあらわす仮想物体の、三次元画像上にあらわれる物体により遮られる領域が相対的に小さい点、あるいは相対的に小さい蓋然性が高い点に視点を移動し、移動後の視点から移動後の最接近線の方を眺めたときの、移動後の最接近線をあらわす仮想物体を含む移動後の複数の物体の三次元画像を生成するものであることを特徴とする請求項1記載の物体移動シミュレーション装置。

【請求項4】 複数の物体をあらわす情報に基づいて、該複数の物体のうちのいずれかの関心物体と該関心物体を除く他の物体との間の、該関心物体に最接近している最接近物体上の該関心物体への最接近点と、該関心物体上の該最接近物体への最接近点とからなる2つの最接近点の検出を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記2つの最接近点どうしを結ぶ最接近線をあらわす仮想物体を含む三次元画像を生成する画像生成手段とを備え、該画像生成手段が、前記最接近線をあらわす仮想物体を遮る物体に半透明化処理を施してなる三次元画像を生成するものであることを特徴とする物体移動シミュレーション装置。

【請求項5】 複数の物体をあらわす情報に基づいて、該複数の物体のうちのいずれかの関心物体と該関心物体を除く他の物体との間の、該関心物体に最接近している

最接近物体上の該関心物体への最接近点と、該関心物体上の該最接近物体への最接近点とからなる2つの最接近点の検出を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記2つの最接近点どうしを結ぶ最接近線をあらわす仮想物体を含む三次元画像を生成する画像生成手段とを備え、該画像生成手段が、前記最接近線をあらわす仮想物体を遮る物体の、少なくとも該仮想物体を遮る部分を非表示とした三次元画像を生成するものであることを特徴とする物体移動シミュレーション装置。

【請求項6】 前記画像生成手段が、前記最接近線をあらわす仮想物体を眺める視線に沿う方向について、該仮想物体よりも手前に位置する物体もしくは物体の部分の非表示とした三次元画像を生成するものであることを特徴とする請求項5記載の物体移動シミュレーション装置。

【請求項7】 前記画像生成手段が、前記最接近線をあらわす仮想物体を互いの間に挟んで、該仮想物体を眺める視線に沿って広がる2枚の平面に挟まれた空間内に位置する物体もしくは物体の部分の非表示とした三次元画像を生成するものであることを特徴とする請求項5記載の物体移動シミュレーション装置。

【請求項8】 複数の物体をあらわす情報に基づいて、該複数の物体のうちのいずれかの関心物体と該関心物体を除く他の物体との間の、干渉の発生の有無の検出、干渉が発生したときの、該関心物体と該関心物体に干渉した干渉物体との間の干渉点の検出、および、干渉の発生を免れているときの、該関心物体に最接近している最接近物体上の該関心物体への最接近点と、該関心物体上の該最接近物体への最接近点とからなる2つの最接近点の検出を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記関心物体の移動に伴って、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、

前記関心物体と、前記最接近物体もしくは前記干渉物体とを含む複数の物体の三次元画像であって、干渉を免れている場合に前記2つの最接近点どうしを結ぶ最接近線をあらわす仮想物体を含む三次元画像を順次に生成する画像生成手段と、

前記画像生成手段で生成された三次元画像を表示する画像表示手段とを備え、

前記画像生成手段が、前記干渉演算手段により干渉の発生が検出された場合に、干渉点を中心とし他の物体との重なりが許容された半透明の球体を含む三次元画像を生成するものであることを特徴とする物体移動シミュレーション装置。

【請求項9】 前記画像生成手段が、前記干渉点を遮る物体に半透明化処理を施してなる三次元画像を生成するものであることを特徴とする請求項8記載の物体移動シミュレーション装置。

【請求項10】 前記画像生成手段が、前記干渉点を遮

る物体の、少なくとも該干渉点を遮る部分を非表示とした三次元画像を生成するものであることを特徴とする請求項８記載の物体移動シミュレーション装置。

【請求項 11】 前記干渉演算手段により干渉の発生が検出された場合に干渉が発生したことをあらわす警告音を発する警告音発生手段を備えたことを特徴とする請求項 8 記載の物体移動シミュレーション装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体どうしの接触（干渉）が問題となる、部品の組み立てや装置内の可動部品の挙動確認といった作業をシミュレーションにより行なう物体移動シミュレーション装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、三次元CADシステムを使用して製品設計を行なうことが多くなってきているが、部品点数の多い複雑な製品の場合、製品を組み立てるための組立操作も複雑となり、熟練者であっても、設計段階では、他の部品と干渉してしまって組み立てることが不可能になってしまったり、可動部品が他の部品と干渉して 20 しまって所望の動作をさせることが不可能になってしまふといった事態を見落としてしまう恐れがある。

【0003】ところが、従来の機構設計用CADシステムでは、設計した各部品を、製品が一見組み立てられたかのような任意の位置、姿勢に配置することはできるが、上記のような見落としがないことの確認は、その製品を構成する各部品ないし各部品のモデルを実際に試作して組み立てて見る必要がある。このような背景から、実際に試作することなく、設計した製品が実際に組立可能、分解可能であるかどうか、あるいは可動部品が他の部品と干渉せずに所望の動作を実現できるかどうかをシミュレートすることの出来るシミュレート装置の出現が望まれている。

【0004】シミュレーションによって組立等が可能であるか否かを検証するには、一般的には、三次元CADシステムを用いて設計された部品に関する情報を基に、組み立てた後の製品の状態から出発し干渉の発生しない分解経路を探索する手法が採用されている(「GEOMETRIC REASONING ABOUT MECHANICAL ASSEMBLY, Randall H. WilsoJean-Claude Latombe, Stanford University, Artificial Intelligence 71(2), Dec 1994」, 「AN EFFICIENT SYSTEM FOR GEOMETRIC ASSEMBLY SEQUENCE GENERATIONAND EVALUTION, Bruce Romney, Stanford University, Proc. 1995 ASME. Intl Computers in Engineering C 50

on f. , pp. 699-712 参照)。

【0005】また、干渉チェックを行ない、干渉の発生の有無や、干渉が発生したときの干渉点等を求める手法は、特開平7-134735号公報、特開平8-77210号公報、特開平9-27046号公報、「第13回日本ロボット学会学術講演会講演論文集 pp. 373-374」、「情報処理学会第51回全国大会 講演論文集(1) pp. 53-54」等に提案されている。

【0006】上記のようなシミュレーション装置では、干渉が発生するか否かの検証ももちろん大切ではあるが干渉にまでは至らなくても、現在移動中の物体（部品）と他の物体（部品）との間でどこが最も接近しているかを知ることは、組立てや分解のしやすさ等の点から重要である。前掲の干渉チェック手法の中には、物体どうしの最接近点を求めることができる手法もあり、その手法を用いて、移動（分解、組立て等）シミュレーションを行なおうとしている物体（部品）やその物体の周囲に存在している物体（部品）のほか、最接近点どうしを結ぶ最接近線を示す仮想物体を仮想三次元空間内に配置し、表示画面上に、その仮想三次元空間をある視点から眺めたときの三次元画像を表示することにより、最接近線がどこに存在しているかを確認しながら移動シミュレーションを行なうことができる。

【0007】図34は、移動シミュレーションの説明図である。ここには仮想三次元空間内に、物体A、物体B、および物体Cが配置されており、今、物体Aを矢印Xに沿って移動させるシミュレーションを行なっているものとする。このとき、物体Aが移動している途中の各位置（図34に示す各位置a、b、c、d、e）において、物体Aに最接近している物体（位置a～dの場合は物体B、位置eの場合は物体C）上の、物体Aに最接近している最接近点と、その最接近点に最接近している物体A上の最接近点との2つの最接近点どうしを結ぶ最接近線MALをあらわす仮想物体（以下、この仮想物体と最接近線とを区別せずに、最接近線と称することがある）を、物体Aの移動中常に表示画面上に表示しておく。こうすることにより、物体Aが移動している途中における、他の物体との干渉を免れる‘余裕度’を知ることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところが、これを単純に実行すると、最接近線MALが物体の陰に隠れて見えなくなってしまう事態が生じる。図35、図36は、最接近線が物体の陰に隠れてしまう様子を示す模式図であり、図35は移動前、図36は移動後の状態を示している。また、図35、図36とも、(A)は平面図、(B)は正面図であり、ここでは、(B)の正面図が表示画面上に表示されているものとし、物体Aが、図35に示す矢印Xに沿って移動するものとする。

【0009】図35に示す移動前の状態では、平面図

(A)だけでなく正面図(B)にも最接近線MALが表示されているが、図36に示す移動後の状態では、平面図(A)には最接近線MALは表示されているものの、表示画面上に表示されている正面図(B)には最接近線は隠れてしまっている。このように、最接近線MALが見えなくなってしまうと、干渉を免れる‘余裕度’を確認することができなくなるため、物体の移動を中断し、視点を様々に変更して生成した三次元画像を順次表示してみて最接近線の見やすい三次元画像をさがし出し、その後移動を再開させる必要があり、多数の部品が組立られる場合など、多数の物体が存在している物体の移動中に最接近線MALが様々に変化したり、いろいろな物体の陰に隠れてしまうような場面では、物体の移動の中断、視点の変更、移動の再開をしょっちゅう繰り返す必要がある、操作が煩わしいという問題がある。

【0010】この操作の煩わしさを解消するために、最接近線が常に表示されるように、三次元画像上の物体をワイヤフレーム等の線画で表示することが考えられるが、複数の物体が重なっている場合などには線が混み合い、物体どうしの配置関係や、どの物体のどの点とどの物体のどの点が最接近点であるかなどを直感的に捕らえることが難しい画像となってしまうことが考えられる。

【0011】以上の問題点は、干渉が発生した場合の干渉点についても同様であり、干渉点が物体の陰に隠れてしまったり、物体を線画で表示した場合にどの物体のどの点とどの物体のどの点が干渉したかなどを、直感的に捕らえるのが難しい画像となってしまうことが考えられる。本発明は、上記事情に鑑み、最接近線や干渉点が見やすく、かつ物体どうしの位置関係の把握が容易な三次元画像を表示することのできる物体移動シミュレーション装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の物体移動シミュレーション装置の基本構成図である。本発明の物体移動シミュレーション装置は、以下に説明する第1～第4の物体移動シミュレーション装置のいずれにおいても、基本的には、干渉演算手段100、および画像生成手段200を備えている。

【0013】干渉演算手段100は、複数の物体をあらわす情報(物体情報)に基づいて、複数の物体のうちのいずれかの関心物体とその関心物体を除く他の物体との間の、関心物体に最接近している最接近物体上の関心物体への最接近点と、関心物体上の最接近物体への最接近点とからなる2つの最接近点の検出を含む演算を実行する手段である。

【0014】また、画像生成手段200は、上記2つの最接近点どうしを結ぶ最接近線をあらわす仮想物体を含む三次元画像を生成する手段である。上記の基本構成を備えた本発明の物体移動シミュレーション装置のうちの第1の物体移動シミュレーション装置は、上記画像生成

手段200が、上記最接近線に垂直な方向に視点を移動し移動後の視点から眺めたときの三次元画像を生成するものであることを特徴とする。

【0015】通常は、最接近線を横から眺めた場合に、その最接近線を最も良く視認できるからである。また最接近線を横から眺める場合その最接近線が物体で遮られる可能性が低く、この点からも最接近線の良好な視認に適している。ここで、上記本発明の第1の物体移動シミュレーション装置において、画像生成手段200が、移動中の関心物体の今回の移動の前後において、移動後の最接近線の中点を通りその最接近線を法線とする平面上に移動前の視点から垂線を下し、上記中点から、上記垂線が上記平面に交わる点に向かう直線上に視点を移動し、移動後の視点から眺めたときの、移動後の最接近線をあらわす仮想物体を含む移動後の複数の物体の三次元画像を生成するものであることが好ましい。

【0016】視点が大きく変化すると複数の物体相互の配置関係を理解するのに手間取るおそれがあるが、最接近線を横から眺める方向に視点を定めるにあたり、上記のように視点の移動を最小限に抑えることにより、物体相互の配置関係の理解が容易となる。また、上記本発明の第1の物体移動シミュレーション装置において、画像生成手段200が、移動中の関心物体の今回の移動の前後において、移動後の最接近線の中点を通りその最接近線を法線とする平面上の点であって、移動後の最接近線をあらわす仮想物体の、三次元画像上にあらわれる物体により遮られる領域が相対的に小さい点、あるいは相対的に小さい蓋然性が高い点に視点を移動し、移動後の視点から移動後の最接近線の方を眺めたときの、移動後の最接近線をあらわす仮想物体を含む移動後の複数の物体の三次元画像を生成するものであることも好ましい形態である。

【0017】こうすることにより、視点が大きく変化して物体相互間の配置関係の把握に多少手間取る事態が増えることは考えられるが、最接近線を良好に視認できる可能性を一層高めることができる。また、本発明の物体移動シミュレーション装置のうちの第2の物体移動シミュレーション装置は、上記基本構成を備えた上で、上記画像生成手段200が、上記最接近線をあらわす仮想物体を遮る物体に半透明化処理を施してなる三次元画像を生成するものであることを特徴とする。

【0018】半透明化処理とは、自分の後ろに隠れた物体もしくは物体の部分、あるいは自分の内部に包含された物体もしくは物体の部分、例えばその物体の色と自分自身の色とが混合されたような色で表わすなど、自分自身をきちんと表示しながら後ろもしくは内部に隠れた物体もしくは物体の部分も表示する手法である。本発明の第2の物体移動シミュレーション装置は、最接近線を遮る物体に半透明化処理を施してなる三次元画像を生成して表示するものであるため、物体どうしの配置関係の

良好な視認性を保ちつつ、最接近線を常に表示することができる。

【0019】また、本発明の物体移動シミュレーション装置のうちの第3の物体移動シミュレーション装置は、上記基本構成を備えた上で、画像生成手段200が、最接近線をあらわす仮想物体を遮る物体の、少なくとも仮想物体を遮る部分を非表示とした三次元画像を生成するものであることを特徴とする。本発明の第3の物体移動シミュレーション装置は、その仮想物体（最接近線）を遮る物体ないし物体の部分为非表示した三次元画像を生成して表示するものであるため、最接近線が常に表示されるとともに、その最接近線で結ばれた関心物体と最接近物体の、少なくともその最接近線で結ばれた部分に関し両者の位置関係の良好な視認性が確保される。

【0020】ここで、上記本発明の第3の物体移動シミュレーション装置において、画像生成手段200は、最接近線をあらわす仮想物体を眺める視線に沿う方向について、その仮想物体よりも手前に位置する物体もしくは物体の部分为非表示とした三次元画像を生成するものであってもよく、あるいは、画像生成手段200は、最接近線をあらわす仮想物体を互いの間に挟んで、その仮想物体を眺める視線に沿って広がる2枚の平面に挟まれた空間内に位置する物体もしくは物体の部分为非表示とした三次元画像を生成するものであってもよい。

【0021】さらに、本発明の物体移動シミュレーション装置のうちの第4の物体移動シミュレーション装置は、上記基本構成を備えた上で、前記干渉演算手段100が、最接近点の検出に加え、干渉の発生の有無の検出、干渉が発生したときの、関心物体とその関心物体に干渉した干渉物体との間の干渉点の検出を行なうものであって、画像生成手段200が、干渉演算手段100により干渉の発生が検出された場合に、干渉点を中心とした他の物体との重なりが許容された半透明の球体を含む三次元画像を生成するものであることを特徴とする。

【0022】ここで、「半透明の球体」は、前述した「半透明化処理」が施された球体をいい、この球体は他の物体との重なりが許容されたものであり、したがって、この球体と重なった（球体の内部に含まれた）物体もしくは物体の部分も、その半透明の球体を透過した表示状態で表示される。このような半透明の球体を表示することで干渉点の位置を容易に知ることができる。

【0023】ここで、上記本発明の第4の物体移動シミュレーション装置において、画像生成手段200が、干渉点を遮る物体に半透明化処理を施してなる三次元画像を生成するものであることが好ましい。これにより、物体どうしの配置関係の良好な視認性を保ちつつ干渉点を視認することができる。

【0024】また、上記本発明の第4の物体移動シミュレーション装置において、画像生成手段200が、干渉点を遮る物体の、少なくともその干渉点を遮る部分を非

表示とした三次元画像を生成するものであることも好ましい形態である。これにより、干渉点の観測性が確保されるとともに、干渉が発生した関心物体と干渉物体の、少なくとも干渉点近傍の部分に関し、両者の位置関係の良好な視認性が確保される。

【0025】さらに、上記本発明の第4の物体移動シミュレーション装置において、図1に一点鎖線で示すように、干渉演算手段100により干渉の発生が検出された場合に干渉が発生したことをあらわす警告音を発する警告音発生手段300を備えることが好ましい。この警告音発生手段300を備えることにより、干渉の発生を見逃す可能性を大きく下げることができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。図2は、本発明の物体移動シミュレーション装置の一実施形態の外観図である。この図2に示すように、本実施形態の物体移動シミュレーション装置はコンピュータシステム10で実現されており、このコンピュータシステム10には、CPU、磁気ディスク等からなる記憶部等が内蔵された本体装置11、表示画面12a上に画像を表示する画像表示部12、各種の入力操作を行なうキーボード13、表示画面12a上の任意の位置を指定することによりこのコンピュータシステム10に各種の指示を与えるための操作子であるマウス14、および後述する警告音を発するためのスピーカ15が備えられている。このコンピュータシステム10の本体部11には、さらに、画像表示部12の表示画面12aに表示される三次元画像を高速に描画するためのツールである3D描画部や、スピーカ15から発せられる音声を生

成する音声生成部が備えられており、さらに、フロッピディスクが装填されその装填されたフロッピディスクをアクセスするフロッピディスクドライバや、CD-ROMが装填され、その装填されたCD-ROMをアクセスするCD-ROMドライバが搭載されている。【0027】図3は、図2に示すコンピュータシステム10の内部構成図である。ここには、以下において説明する本発明の一実施形態としての物体移動シミュレーション装置を実現するために必要な構成部分のみ示されている。ここには、バス20を介して相互に接続された、プログラムに従って演算を実行するCPU21、CPU21に演算を実行させるためのプログラムや、このコンピュータシステム10内に構築された仮想三次元空間内における様々な物体の形状やそれらの位置、姿勢を定義している情報などを記憶しておき、さらに追加的な記憶や書換えが行なわれる記憶部22、図1に示すキーボード13やマウス14等からなる入力部23、物体情報に基づいて画像表示部12に表示する三次元画像を高速に描画する3D描画部24、およびスピーカ15から発せられる音声を生

【0028】以下、記憶部22に記憶され、CPU21で実行される、本発明の一実施形態としての物体移動シミュレーション装置を実現するためのプログラムについて説明する。図4は、メインルーチンを示すフローチャートである。ここでは、コンピュータシステム内部に構築された仮想三次元空間内に配置された複数の物体のうち移動（位置の移動だけでなく、姿勢の変更も含む）させようとする物体（ここではこれを「関心物体」と称する）を、記憶部内にあらかじめ用意しておいた指示情報に基づいて移動させるか、あるいは入力部からの指示操作により入力される指示情報に基づいてインタラクテ\*

\*ィブに移動させるかが判定させる（ステップM\_1）。これら双方の指示形態のいずれを採用するかは、このコンピュータシステムのオペレータにより指示入力され内部にフラグとして記憶されており、ステップM\_1では、オペレータにその都度問い合わせることなく、そのフラグにより判定する。

【0029】ここでは、指示情報は、以下の表1に示す情報の集合からなる。

【0030】

【表1】

名 称	内 容
指示対象	関心物体を特定する物体識別子
指示内容	並進（狭義の移動）、回転等
引 数	指示内容によって異なるが例えば並進の場合、並進量 $\Delta X(x1, y1, z1)$ 等

【0031】ここでは、「物体識別子」は、物体を相互に識別するための各物体ごとにユニークに定義された識別子をいい、「並進」とは、仮想三次元空間内での位置の移動（狭義の移動）をいう。ここでは、前述したように、「移動」は、広義には物体の回転を含む概念であり、以下狭義の移動をいうときは「並進」と称し、「移動」は、その性質に反しない限り広義の意味に解釈するものとする。

【0032】図4に示すステップM\_1でインタラクティブな移動であると判定されると、ステップM\_2に進み、入力イベントが監視され、入力イベントが発生するとステップM\_4に進む。一方図4に示すステップM\_1でインタラクティブな移動ではないと判定されると、記憶部にあらかじめ用意された指示情報が読み込まれて（ステップM\_3）、ステップM\_4に進む。ここで、記憶部から指示情報を読み出すにあたっては、あらかじめ、関心物体の移動の期間中にわたる多数の指示情報が記憶部内に用意される。また、指示情報には、表1に示す物体の移動を指示する指示情報のほか、移動の終了を指示する指示情報も存在する。

【0033】ステップM\_4では、今回入力された、あるいは今回読み込まれた指示情報が物体の移動指示をあ

らわす指示情報であるか否かが判定され（ステップM\_4）、物体の移動指示をあらわす指示情報でなかったときはステップM\_5に進み、今回の指示情報が物体の移動終了を指示する指示情報であるか否かが判定される。今回の指示情報が物体の移動終了を指示する指示情報であったときは、このメインルーチンを終了し、物体の移動終了を指示する指示情報でもなかったときは、ここでは、無関係な情報であるため、ステップM\_1に戻る。

【0034】ステップM\_4において、今回の指示情報が物体の移動指示をあらわす指示情報であると判定されるとステップM\_6に進み、ステップM\_6では、今回の指示情報に基づいて関心物体の移動後の位置・姿勢が計算され、ステップM\_7において、移動後の関心物体と他の物体との間の干渉チェック処理が行なわれる。この干渉チェック処理は、前述した文献等に記載された既知の干渉チェック処理アルゴリズムが採用されており、ここでは、そのアルゴリズム自体の説明は省略する。

【0035】この干渉チェック処理では、以下の表2に示す干渉情報が求められ、その求められた干渉情報が記憶部に格納される。

【0036】

【表2】

名 称	内 容
距 離	最接近点間の距離
干渉の有無	干渉有／干渉無
最接近点 (干渉点)	仮想空間上の2点 $X1(x1, y1, z1)$ , $X2(x2, y2, z2)$ 干渉発生時(干渉点)の場合は $X1=X2$

【0037】ここで、最接近点とは、今回移動された関心物体に最接近している最接近物体上の、関心物体に最接近している点と、関心物体上の、その最接近物体に最接近指いる点との2点をいい、干渉点とは、関心物体と、その関心物体に干渉した干渉物体との干渉点をいう。ステップM\_8では、ステップM\_7で求められた干渉情報に基づいて、干渉が発生していないか、それとも干渉が発生したかが判定され、それぞれ、ステップM\_9の処理1、ステップM\_10の処理2に進む。処理1、処理2の詳細については後述する。

【0038】その後、ステップM\_11に進んで関心物体が今回移動した後の三次元画像が作成され、ステップM\_12に進んで、画像表示部に、その作成された三次元画像が表示される。図5は、処理1のルーチンを示すフローチャートである。この処理1のルーチンは、図4のメインルーチンにおける、干渉が発生していなかったときに実行されるステップM\_9の処理である。

【0039】ここでは、まず、図4に示すメインルーチンのステップM\_7で求められて記憶部に格納された干渉情報(表2参照)が参照され(ステップ1\_1)、その干渉情報に基づいて2つの最接近点どうしを結ぶ最接近線が作成される(ステップ1\_2)。次いで、ステップ1\_3において、視点の変更が指示されているか否かが判定される。この視点変更指示はこのコンピュータシステムのオペレータにより行なわれるが、一旦行なわれた指示はフラグとして格納されており、このステップ1\_3ではそのフラグを参照して判定している。そのフラグは物体の移動シミュレーションの途中でも変更可能である。

【0040】視点の変更が指示されていたときはステップ1\_4の処理3に進む。処理3の詳細は後述する。その処理3が終了すると、ステップ6に進み、物体群を半透明表示するか否かが判定される。ステップ1\_3において視点の変更の指示がないと判定されたときは、ステップ1\_5においてモードフラグModeFlagがModeFlag=1にセットされてステップ1\_6に進む。モードフラグModeFlagの意味について後述する。ステップ1\_6にいう物体群は、全ての物体をいうのではなく、後述するようにして定義される、最接近線を遮る物体の集合をいう。このステップ1\_6にお

る判定も、ステップ1\_3における視点変更の判定と同様、あらかじめ指示入力されたフラグに基づいて行なわれる。

【0041】ステップ1\_6において物体群を半透明表示にする旨が指示されていたときは、ステップ1\_7に進み、モードフラグModeFlagが1か否かが判定される。ModeFlag=1のときは、ステップ1\_8の処理41に進み、ModeFlag≠1のときはステップ1\_9の処理42に進む。処理41、処理42の詳細は後述する。処理41あるいは処理42が終了すると、図4に示すメインルーチンのステップM\_11に進み、三次元画像が作成される。

【0042】ステップ1\_6において物体群を半透明表示にする旨の指示がなされていないと判定されたときは、ステップ1\_10に進み、今度は物体群を非表示にするか否かが判定される。ここでいう物体群とは、後述するようにして定義される、最接近線を遮る物体や物体の部分の集合をいう。このステップ1\_10における判定も、ステップ1\_3における視点変更の判定やステップ1\_6における半透明表示にするか否かの判定と同様、あらかじめ指示入力されたフラグに基づいて行なわれる。

【0043】ステップ1\_10において物体群を非表示にする旨が指示されていたときは、ステップ1\_11に進み、モードフラグModeFlagが1か否かが判定される。ModeFlag=1のときは、ステップ1\_12の処理51に進み、ModeFlag≠1のときはステップ1\_13の処理52に進む。処理51、処理52の詳細は後述する。処理51あるいは処理52が終了すると、図4に示すメインルーチンのステップM\_11に進み、三次元画像が作成される。

【0044】ステップ1\_10において、物体群を非表示する旨の指示がなされていないと判定されたときは、そのまま、図4に示すメインルーチンのステップM\_11に進む。図6は、図5に示す処理1のルーチンのステップ1\_4で実行される処理3のルーチンを示すフローチャートである。図5に示す処理1のルーチンは、図4に示すメインルーチンのステップM\_8において物体間に干渉が発生していない旨判定されたときに実行されるルーチンであって、図6に示す処理3のルーチンは、そ

20

30

40

50



の処理1のルーチンのステップ1\_3で視点を変更する旨判定されたときに実行されるルーチンである。すなわち処理3のルーチンは干渉が発生しておらず、したがって最接近線が作成される状況において、その最接近線を表示するにあたり、その最接近線の視認性向上のために視点を変更するルーチンである。

【0045】図6に示す処理3のルーチンの説明に先立ち、仮想三次元空間に配置された物体とその物体を描写した三次元画像との関係について説明する。図7は、仮想三次元空間に複数の物体が配置されている状態を示す模式図、図8は、それらの物体を描写した三次元画像を示す模式図である。ここでは、図7に示すように仮想三次元空間内に2つの物体A、Bが配置されており、それらの物体A、B間に最接近線MALが示されている。これらの物体の三次元画像を作成するには、視点E1と注視点O1が定義され、視点E1からクリーンSCRを透過して注視点O1を眺めたときの画像がここでいう三次元画像であり、ここに示す例では図8のような画像となる。この図8に示す三次元画像には最接近線MALは物体Bの陰に隠れてしまっており、表示されていない。視点E1と注視点O1との間の距離Lは視距離と呼ばれる。尚、視点E1の一点からスクリーンSCRを透過して物体A、Bを眺めると遠近法的な三次元画像となり、そのような遠近法を採用して三次元画像を作成してもよいが、ここでは、必ずしも、遠近法を採用する必要はなく、視点E1から注視点O1に向かう方向に平行に投影した三次元画像等、他の描写法を採用した三次元画像を作成してもよい。

【0046】ここでは、物体Aが移動し図8に示すように最近接線MAL（図7参照）が見えなくなってしまうものとし、この状態から視点を変更する場合を例に挙げて説明する。図9は、図7に示す物体A、物体Bと同じ配置関係にある物体A、物体Bを示す模式図、図10は、図8に示す平面P1が直線に見える方向から見た平面図である。

【0047】さらに、図11は、図9と同じ配置位置にある物体A、物体Bと、さらに物体Cを示す模式図、図12は、図11に示す平面Pが直線に見える方向から見た平面図である。以下、これらの図9～図12を参照しながら、図6に示す処理3のルーチンについて説明する。

\*【0048】図6に示す処理3では、まずステップ3\_1において、最接近線MALの midpoint O2（図9参照）を計算し、この midpoint O2 を新たな注視点と定義する。次に、ステップ3\_2において、その新たな注視点O2を通り最接近線MALが法線となる仮想的な平面P1を決定する。次いで、ステップ3\_3に進み、図10に示す、変更前の視点E1を通る平面P1への垂線とその平面P1との交点e2が計算され、ステップ3\_4に進み、2点O2、e2を通り注視点O2から点e2の方向に向かって視距離Lを持つ点E2が計算され、その点E2が新たな視点とされる。

【0049】次いで、ステップ3\_3に進む。本実施形態では視点の移動量が最小なるように視点を変更するモードと、最接近線を隠す物体が最小となる位置に視点を変更するモードとの2つのモードのうちのいずれか一方のモードをあらかじめ選択するよう構成されており、ステップ3\_5では、視点の移動量が最小となるように視点を変更するモードであるか否かが判定され、ステップ3\_6では、最接近線を隠す物体が最小となる位置に視点を変更するモードであるか否かが判定される。いずれのモードとも明示的に指定されていないときは、本実施形態では、視点の移動量が最小となるように視点を変更するモードが採用される。

【0050】視点の移動量が最小となるように視点を変更するモードが採用されたときは、ステップ3\_7に進んでモードModeFlagに‘1’がセットされ、図5に示すステップ1\_6に進む。ステップ3\_8において、最接近線を隠す物体が最小となる位置に視点を変更するモードが指定されていると判定された場合は、ステップ3\_8に進み、図11に示す平面的な領域A、すなわち、最接近線MALの長さWと視距離Lから長方形の領域Aが定められ、ステップ3\_9において、領域Aに含まれる物体の断面積dの合計面積Dが計算される。その計算された合計面積は記憶部に格納される。このとき、記憶部には、領域Aに含まれる物体の物体識別子や、以下に説明する領域Aの回転角度 $\theta$ も一緒に格納される。ここでは、これらの情報を含めて「断面積情報」と称する。

【0051】表3に断面積情報の一例を示す。

【0052】

\*【表3】

角度 ( $\theta$ )	合計面積 D	物体識別子 (i)	断面積 d
15°	45	0	10
		2	25
		4	15

【0053】ステップ3\_10では、合計面積Dが0ではない、すなわち、最接近線MALを視界から遮る物体が存在するか否かが判定され、最接近線MALを遮る物

体が存在していたときはステップ3\_11に進み、図11に示すように、その最接近線MALを軸に領域Aを所定角度だけ回転させ、ステップ3\_12では、領域Aが



一回転したか否かが判定され、一回転していないときはステップ3\_9に戻り、再度、その回転後の領域Aについて、その領域Aに含まれる物体の断面積dの合計面積Dが計算される。

【0054】ステップ3\_13では、どの回転角度でも合計面積Dが0でなかったときは、記憶部に記憶された断面積情報に含まれる、各回転角度 $\theta$ ごとの合計面積Dを参照して、合計面積Dが最小となる角度 $\theta$ から新たな視点E2が求められる。ステップ3\_10においてある回転角度で合計面積Dが0であると判定されたときは、

ステップ13ではそのときの回転角度から新たな視点E2が計算される。

【0055】ステップ3\_14では、モードフラグModelFlagが0にリセットされる。尚、ここでは、領域Aに含まれる物体の断面積dの合計面積Dが求められたが、これは計算の都合上断面積dを計算しやすいことによる。断面積dの合計面積Dが小さいときは、最接近線を良好に視認できる蓋然性が高いことになる。

【0056】計算量は増えるが、断面積dに代わり、図12に示すような、領域Aに物体が食い込む長さhを採用し、視点E2から眺めたときの、最接近線の遮られる長さを求めてもよく、その場合、最接近線を最も良く視認できる回転角度に視点を定めることができる。図5に示す処理1のルーチン中ステップ1\_4の処理3では、

以上のようにして視点の変更が行なわれる。

【0057】図13は、図5に示す処理1のルーチン中のステップ1\_8で実行される処理41のルーチンを示すフローチャートである。この処理41のルーチンは、処理1自体が図4に示すメインルーチンにおけるステップM\_8で物体間に干渉が発生していないと判定された場合に実行されるルーチンであって、かつ、図5に示す処理1のルーチン中のステップ1\_6で物体群を半透明表示することが指示されている旨判定された場合に実行されるルーチンである。本実施形態には物体を半透明表示するルーチンとして処理41のルーチンと処理42のルーチンとの2つのルーチンが用意されており、ModeFlagに応じて、それら2つのルーチンのうちのいずれのルーチンを実行するかが定められており、図13に示す処理41のルーチンはModeFlag=1のときに実行される。ModeFlagが1にセットされるのは視点を変更しない場合（図5ステップ1\_5）、あるいは視点の移動量が最小となるように視点を変更した場合（図6ステップ3\_5、3\_7）である。ここでは、図5に示す処理1中のステップ1\_4で処理3が実行されることにより、図6に示す処理3のルーチンで視点の移動量が最小となるように視点が変更された場合を想定して説明する。

【0058】図14、図15は、図13に示す処理41のルーチンの説明図であり、仮想三次元空間に5つの物体A、B、C、D、Eが配置されている状態を示す、そ

れぞれ平面図、正面図である。図13に示す処理41のステップ41\_1では、図14、図15に示すように、最接近線MALの長さW、視距離L、視点E2、注視点O2から、図14、図15に示す長尺の直方体形状の仮想物体 $\alpha$ 1が作成され、ステップ41\_2においてその作成された仮想物体 $\alpha$ 1と他の物体との干渉チェックが行なわれ、干渉情報（前掲の表2参照）が生成されて記憶部に一旦格納される。

【0059】次いで、その干渉情報が参照され（ステップ41\_3）、干渉をおこした物体が存在するかが判定され（ステップ41\_4）、干渉をおこした物体が存在していたときは、その干渉をおこした物体の材質特性が半透明に変更される。半透明とは、前述したように、自分自身をきちんと表示するとともにその半透明の物体内部あるいはその半透明の物体の背後に存在する物体がある程度透けて見えるような処理を行なうことをいう。図14、図15に示す例では、物体Dの材質特性が半透明に変更され、その結果視点E2から注視点O2を眺めた場合、最接近線MALの一部は物体Dの背後にあるものの、その半透明の物体Dを通してその存在が視認できることになる。

【0060】ステップ41\_5において、干渉した物体の材質特性が変更されるとステップ41\_3に戻り、これまで材質特性を半透明に変更した物体以外に干渉をおこしている物体が存在していないかどうか確認が行なわれ、干渉を起こしている物体がさらに存在するときは同様にして半透明化処理が施され、干渉を起こしている物体の全てについて半透明化処理が施されると、この処理1のルーチンを抜け、図5に示す処理1のルーチンに戻ってその処理1のルーチンも抜け、図4に示すメインルーチンのステップM\_11に進んで三次元画像の作成、表示が行なわれる。

【0061】図16は、図5に示す処理1のルーチン中のステップ1\_12で実行される処理51のルーチンを示すフローチャートである。この処理51のルーチンは、処理1自体が図4に示すメインルーチンにおけるステップM\_8で物体間に干渉が発生していないと判定された場合に実行されるルーチンであって、かつ、図5に示す処理1のルーチン中のステップ1\_10で、物体群を非表示にすることが指示されている旨判定された場合に実行されるルーチンである。本実施形態には、物体群を非表示にするルーチンとして処理51のルーチンと処理52のルーチンとの2つのルーチンが用意されており、ModeFlagに応じて、それら2つのルーチンのうちのいずれのルーチンを実行するかが定められる。図16に示すルーチンは、それら2つのルーチンのうち、ModeFlag=1のときに実行されるルーチンである。ModeFlagが1にセットされるのは、図13に示す処理41のルーチンの説明のときに説明したとおり、視点を変更しない場合（図5ステップ1\_

5)、あるいは視点の移動量が最小となるように視点を変更した場合(図6ステップ3\_5、3\_7)である。ここでは、図13に示す処理4\_1のルーチンを説明したときと同様、図5に示す処理1中のステップ1\_4で処理3が実行され、図6に示す処理3のルーチン中で、視点の移動量が最小となるように視点が変更された場合を想定して説明する。

【0062】図17、図18は、図16に示す処理5\_1のルーチンの説明図であり、仮想三次元空間に3つの物体A、B、Cが配置されている状態を示す、それぞれ、斜視図、平面図である。また、図19は、図16に示す処理5\_1のルーチンを実行した結果を示す模式図である。

【0063】図16に示す処理5\_1のステップ5\_1\_1では、図17に示すように、最接近線MALの中心点である注視点O2から視点E2に向かうベクトルV2を法線とする、最接近線MALを含む平面P2を設定し、ステップ5\_1\_2では、その平面P2を視点E2の方向にあらかじめ定められた所定距離 $\Delta d$ だけ移動し(図18参照)、ステップ5\_1\_3では、その移動後の平面P2をクリップ面としてその平面P2よりも視点E2側に存在する物体あるいは物体の部分为非表示にする。具体的には、図18に示す例では、物体Cが非表示にされ、物体Aと物体Bの、平面P2よりも視点E2側の部分が切断されて非表示にされる。その結果、図19に示すように、物体Aと物体Bの、視点E2から見て平面Pよりも遠い側に存在する部分と、最接近線MALが表示されることになる。こうすることにより、最接近線MALが確実に視認される。

【0064】図20は、図5に示す処理1のルーチン中のステップ1\_9で実行される処理4\_2のルーチンを示すフローチャートである。この処理4\_2は、図13に示す処理4\_1と同様、最接近線の視認の妨げとなる物体を半透明化する処理の1つであるが、ModeFlag=0のときに実行されるルーチンであるModeFlagが0にセットされるのは、図6に示す処理3のルーチン中、最接近線を隠す物体が、最小値となる位置に視点を変更するモードを実行したときである(図6ステップ3\_6、3\_14)。

【0065】図20に示す処理4\_2のルーチンでは、まずステップ4\_2\_1において、図6に示す処理3のステップ3\_8で記憶部に格納された断面情報の中に、視点E2が設定された角度 $\theta$ (ステップ3\_13参照)に対応する物体識別子が存在するか否かが検索される。この検索対象の物体識別子は、図6に示す処理3のステップ3\_13で設定された視点E2から最接近線MALを眺めたときにその最接近線MALを遮る物体の識別子である。

【0066】ステップ4\_2\_2では、そのような最接近線MALを遮る物体の識別子が存在するか否かが判定さ

れ、存在していたときは、ステップ4\_3\_3において、その物体識別子により特定される物体の材質特性が半透明に変更される。これらステップ4\_2\_1~4\_2\_3は、最接近線MALを視界が遮る物体の数だけ繰り返される。

【0067】以上のように、この処理4\_2では、図6に示す処理3で記憶部に格納された断面情報に基づいて、最接近線MALを視界から遮る物体が検索され、それにより検出された物体が半透明に材質変更される。図21は、図5に示す処理1のルーチン中のステップ1\_13で実行される処理5\_2のルーチンを示すフローチャートである。この処理5\_2は、図16に示す処理5\_1と同様、最接近線の視認の妨げとなる物体もしくはその一部分を非表示にする処理の1つであるが、ModeFlag=0のときに実行されるルーチンである。ModeFlagが0にセットされるのは、図20に示す処理4\_2の説明でも述べたように、図6に示す処理3のルーチン中、最接近線を隠す物体が最小となる位置に視点を変更するモードが実行されたときである(図6ステップ3\_6、3\_14)。

【0068】図22、図23は、図21に示す処理5\_2のルーチンの説明図であり、仮想三次元空間に3つの物体A、B、Cが配置されている状態を示す、それぞれ斜視図、平面図である。また図24は、図21に示す処理5\_2のルーチンを実行した結果を示す模式図である。

【0069】図21に示す処理5\_2のステップ5\_2\_1では、図4に示すメインルーチンのステップM\_7で求められて記憶部に格納された干渉情報(表2参照)が参照され、最接近線の両端(最接近点)の位置情報O4、O5を取得し、ステップ5\_2\_2において、図22、図23に示すような、最接近点O4、O5をそれぞれ含み、最接近線MALを法線とする2つの平面P3、P4が設定される。

【0070】次いで、ステップ5\_2\_3において、図6に示す処理3のステップ3\_8で記憶部に格納された断面情報の中に、視点E2が設定されたときの角度 $\theta$ (ステップ3\_13参照)に対応する物体識別子が存在するか否かが検索される。この検索対象の物体識別子は、図6に示す処理3のステップ3\_13で設定された視点E2から最接近線MALを眺めたときにその最接近線MALを遮る物体の識別子である。

【0071】ステップ5\_2\_4では、そのような最接近線MALを遮る物体の識別子が存在するか否かが判定され、存在していたときは、ステップ5\_2\_5において、その物体識別子により特定される物体について2つの平面P3、P4がクリップ面として設定され、その物体の、それら2つの平面P3、P4に挟まれた領域内の部分が非表示にされる。これらステップ5\_2\_3~5\_2\_5は、最接近線MALを視界から遮る物体の数だけ繰り返される。

【0072】このような処理の結果、図24に示すように、最接近線MALを見透することができるようになる。図25は、図4に示すメインルーチンのステップM\_10で実行される処理2のルーチンを示すフローチャートである。この処理2のルーチンは、図4に示すメインルーチンのステップM\_8で物体間に干渉が発生していると判定されたときに実行されるルーチンである。

【0073】また、図26は、図25に示す処理ルーチンの説明図であり、仮想三次元空内に干渉した物体Aと物体Bが存在しており、それらの物体A、Bを半透明の球体Rで包み込んだ状態を示している。図25に示す処理2のルーチンでは、まず、図4に示すメインルーチンのステップM\_7における干渉チェック処理において求められた干渉情報が参照されて干渉点P3が求められ（ステップ2\_1）、注視点O3がその干渉点P3に変更され（ステップ2\_2）、干渉を起こしている物体A、Bの最大外形が取得され（ステップ2\_3）、注視点O3（干渉点P3）を中心として物体A、Bの最大外径を内包する最小半径の球の半径が取得され（ステップ2\_4）、図26に示すように、その半径を持つ半透明球Rが作成される（ステップ2\_5）。この半透明球Rは、その中心点に干渉点P3が存在することを示すマークの一種であり、表示された三次元画像上でこの半透明球を手掛かりに干渉点P3を容易に見つけ出すことができる。

【0074】次いで、ステップ2\_6において処理6が実行される。この処理6の詳細は後述するが、前述した最接近線の場合と同様に、干渉点の視認を遮る物体の半透明化処理や非表示処理が行なわれる。ステップ2\_7では、干渉が発生したことをあらわす警告音が出力され、図4に示すメインルーチンに戻り、ステップM\_11における三次元画像の作成、ステップM\_12における、その作成された三次元画像の表示が行なわれる。

【0075】図27は、図25に示す処理2のステップ2\_6で実行される処理6のルーチンを示すフローチャートである。図28～図33は、図27に示す処理6のルーチンの説明図である。図28、図29は、仮想三次元空間に3つの物体A、B、Cが配置された状態を示す、それぞれ斜視図、平面図である。ここでは、物体Aと物体Bとが干渉し視点E2からその干渉点P3（注視点O3）を眺めたとき物体Cで遮られてその干渉点P3（注視点O3）が視認できない状態にある。

【0076】また、図30は、物体Cが半透明化され干渉点P3（注視点O3）を物体Cを通して視認できる状態にあることを示す平面図である。また、図31、図32は、図28、図29と同様、仮想三次元空間に3つの物体A、B、Cが配置され、物体Aと物体Bとが干渉し、その干渉点P3が物体Cに遮られて視点E2から視認できない状態を示す、それぞれ斜視図、および平面図であり、図33は物体Cが非表示化され、さらに物体

A、Bの各一部分が非表示化された結果の、干渉点P3（注視点O3）を視認することができる状態の三次元画像を示す図である。

【0077】図27に示す処理6のルーチンのステップ6\_1では、干渉箇所を隠す物体を半透明にするか否かが判定され、ステップ6\_2では、干渉箇所を隠す物体を非表示にするか否かが判定される。干渉箇所を隠す物体を半透明にするか否か、および干渉箇所を隠す物体を非表示にするか否かはあらかじめコンピュータシステム10（図2参照）のオペレータにより指示入力され、その入力された指示は内部にフラグとして記憶されており、ステップ6\_1、6\_2ではその記憶されたフラグにより判定される。干渉箇所を隠す物体を半透明にするこの指示と、干渉箇所を隠す物体を表示にするこの指示の双方がなされていたときは、干渉箇所を隠す物体を半透明にする指示の方が優先される。一方、いずれの指示もなされていないときは、図27に示す処理6のルーチンでは何も行わずにこの処理6のルーチンを抜け、図25に示す処理2のルーチンのステップ2\_7に進む。

【0078】ステップ6\_1において干渉箇所を隠す物体を半透明にする指示がなされている旨判定されると、ステップ6\_3に進み、図29、図30に示すような仮想物体 $\alpha$ 2が作成される。この仮想物体 $\alpha$ 2は、注視点O3（干渉点P3）と視点E2とを結ぶ直線に平行な辺と垂直な辺で構成され、干渉した2つの物体A、Bを含む立方体の高さHおよび幅Wと、視距離Lとで囲まれた直方体である。

【0079】ステップ6\_4では、このように作成された仮想物体 $\alpha$ 2と各物体との干渉チェック処理が行なわれ、それにより得られた干渉情報（表2参照）が一旦記憶部に格納される。次いで、その干渉情報が参照され（ステップ6\_5）、仮想物体 $\alpha$ 2と干渉している物体が存在しているか否かが判定され（ステップ6\_6）、干渉している物体が存在しているときは、その干渉している物体の材質特性が半透明に変更される（ステップ6\_7）。

【0080】図28～図30に示す例では、物体Cの材質特性が半透明に変更され、その結果視点E2から注視点O3（干渉点P3）を眺めた場合、その注視点O3（干渉点P3）を、物体Cを通して視認することができる。ステップ6\_7で干渉している物体の材質特性が半透明に変更されると、ステップ6\_5に戻り、これまでに材質特性を半透明に変更した物体以外に仮想物体 $\alpha$ 2と干渉している物体が存在していないかどうか確認が行なわれ、干渉している物体が未だ残っているときは、同様にして半透明処理が施される。仮想物体 $\alpha$ 2と干渉している物体が全て半透明化されると、この処理6のルーチンを抜け、図25に示すステップ2\_7に進んで警告音が発せられ、さらに図4に示すメインルーチンのステ

ップM\_11に進んで三次元像の作成、さらにステップM\_12でその作成された三次元画像の表示が行なわれる。

【0081】図27に示す処理6のルーチンのステップ6\_1で干渉箇所を隠す物体を半透明にすることの指示が存在しない旨判定されると、ステップ6\_2において、干渉物体を隠す物体を非表示にすることの指示が存在するか否かが判定され、その指示が存在している旨判定されるとステップ6\_3に進む。ステップ6\_3では、図31、図32に示すとおり干渉点P3（注視点O3）を通り、その干渉点P3（注視点O3）から視点E2に向かうベクトルV4を法線とする平面P5が設定され、その平面P5が視点E2側に所定距離Δdだけその位置が移動され、そのように移動された平面P5をクリップ面として、そのクリップ面よりも視点E2側に存在する物体や物体の部分が非表示にされる。図31～図33に示す例では、物体Cが非表示にされるとともに、物体Aと物体Bの、クリップ面よりも視点E2側の部分が非表示にされ、これにより、図4に示すメインルーチンのステップM\_11では、図33に示すような三次元画像が生成され、次のステップM\_12にてその三次元画像が表示される。

【0082】これにより、干渉点を確実に視認することができる。

【0083】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、最接近線や干渉点が見やすい三次元画像を表示することのできる物体移動シミュレーション装置が実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の物体移動シミュレーション装置の基本構成図である。

【図2】本発明の物体移動シミュレーション装置の一実施形態の外観図である。

【図3】図2に示すコンピュータシステムの内部構成図である。

【図4】メインルーチンを示すフローチャートである。

【図5】処理1のルーチンを示すフローチャートである。

【図6】処理3のルーチンを示すフローチャートである。

【図7】仮想三次元空間に複数の物体が配置されている状態を示す模式図である。

【図8】仮想三次元空間に配置された複数の物体を描写した三次元画像を示す模式図である。

【図9】図7に示す物体A、物体Bと同じ配置関係にある物体A、物体Bを示す模式図である。

【図10】図8に示す平面Pが直線に見える方向から見た平面図である。

【図11】図9と同じ配置関係にある物体A、物体Bと、さらに物体Cを示す模式図である。

【図12】図11に示す平面Pが直線に見える方向から見た平面図である。

【図13】処理41のルーチンを示すフローチャートである。

【図14】図13に示す処理41のルーチンの説明図であり、仮想三次元空間に5つの物体A、B、C、D、Eが配置されている状態を示す平面図である。

【図15】図13に示す処理41のルーチンの説明図であり、仮想三次元空間に5つの物体A、B、C、D、Eが配置されている状態を示す正面図である。

【図16】処理51のルーチンを示すフローチャートである。

【図17】図16に示す処理51のルーチンの説明図であり、仮想三次元空間に3つの物体A、B、Cが配置されている状態を示す斜視図である。

【図18】図16に示す処理51のルーチンの説明図であり、仮想三次元空間に3つの物体A、B、Cが配置されている状態を示す平面図である。

【図19】図16に示す処理51のルーチンを実行した結果を示す模式図である。

【図20】処理42のルーチンを示すフローチャートである。

【図21】処理52のルーチンを示すフローチャートである。

【図22】図20に示す処理52のルーチンの説明図であり、仮想三次元空間に3つの物体A、B、Cが配置されている状態を示す斜視図である。

【図23】図20に示す処理52のルーチンの説明図であり、仮想三次元空間に3つの物体A、B、Cが配置されている状態を示す平面図である。

【図24】図21に示す処理52のルーチンを実行した結果を示す模式図である。

【図25】処理2のルーチンを示すフローチャートである。

【図26】処理2のルーチンの説明図である。

【図27】処理6のルーチンを示すフローチャートである。

【図28】処理6のルーチンの説明図である。

【図29】処理6のルーチンの説明図である。

【図30】処理6のルーチンの説明図である。

【図31】処理6のルーチンの説明図である。

【図32】処理6のルーチンの説明図である。

【図33】処理6のルーチンの説明図である。

【図34】移動シミュレーションの説明図である。

【図35】最接近線が物体の陰に隠れてしまう様子を示す、移動前の状態の模式図である。

【図36】最接近線が物体の陰に隠れてしまう様子を示す、移動後の状態の模式図である。

【符号の説明】

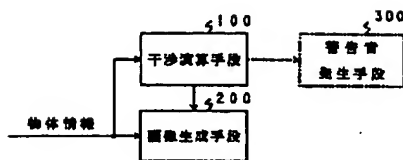
50 10 コンピュータシステム

11 本体装置  
12 画像表示部  
12a 表示画面  
13 キーボード  
14 マウス  
15 スピーカ  
20 バス  
21 CPU  
22 記憶部

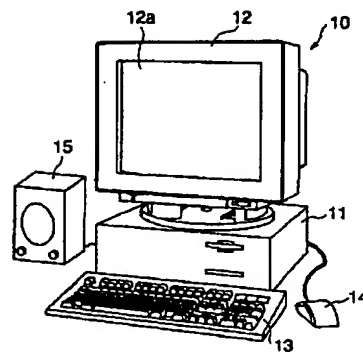
\* 23 入力部  
24 3D描画部  
25 音声生成部  
100 干渉演算手段  
200 画像生成手段  
300 警告音発生手段  
MAL 最接近線  
P3 干渉点

\*

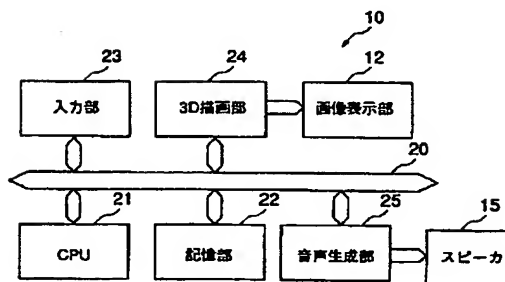
【図1】



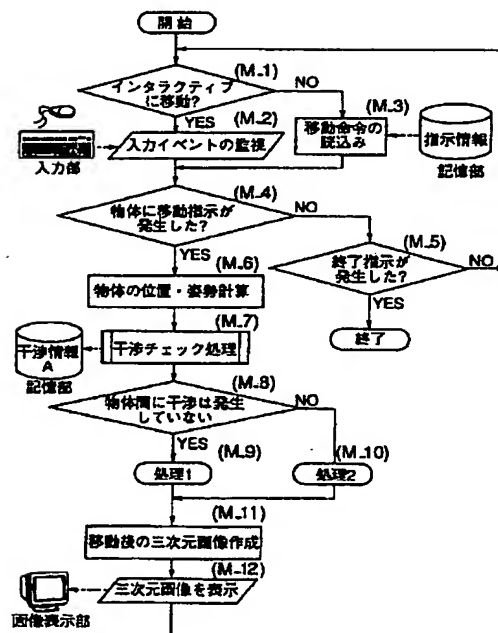
【図2】



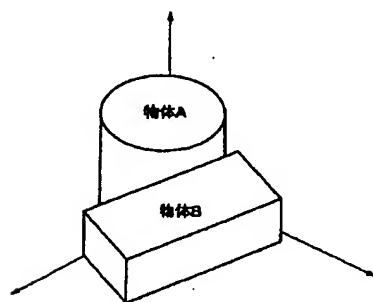
【図3】



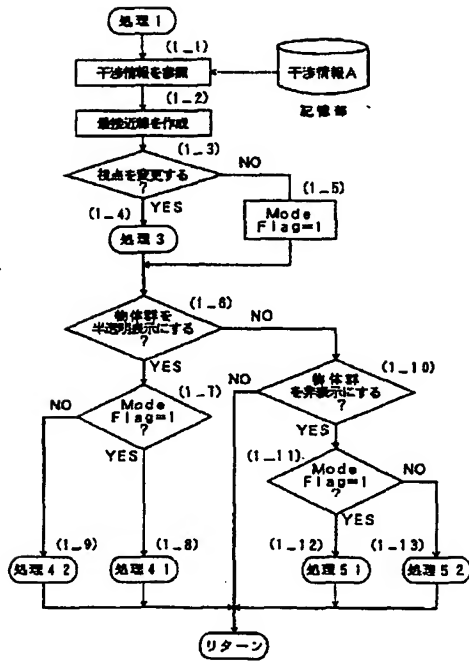
【図4】



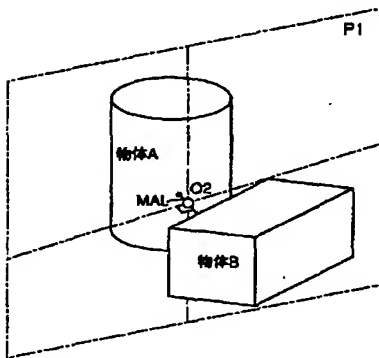
【図8】



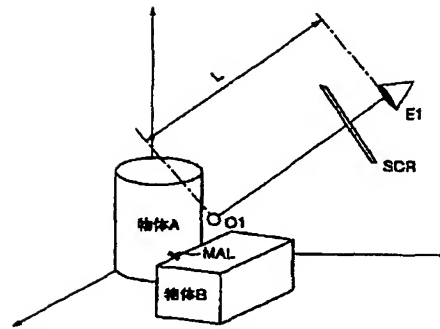
【図5】



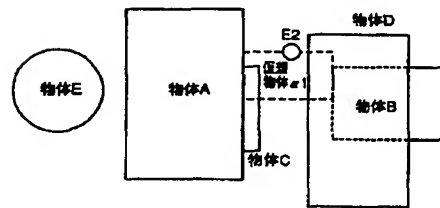
【図9】



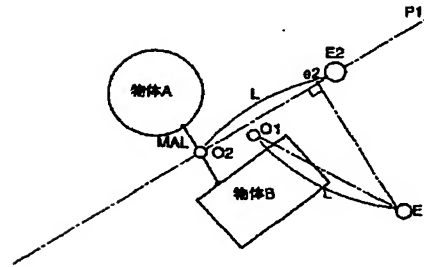
【図7】



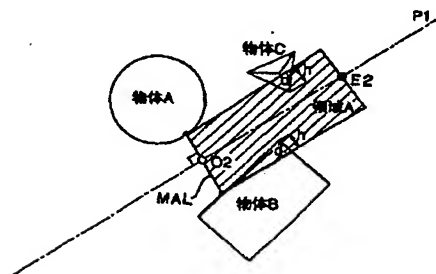
【図15】



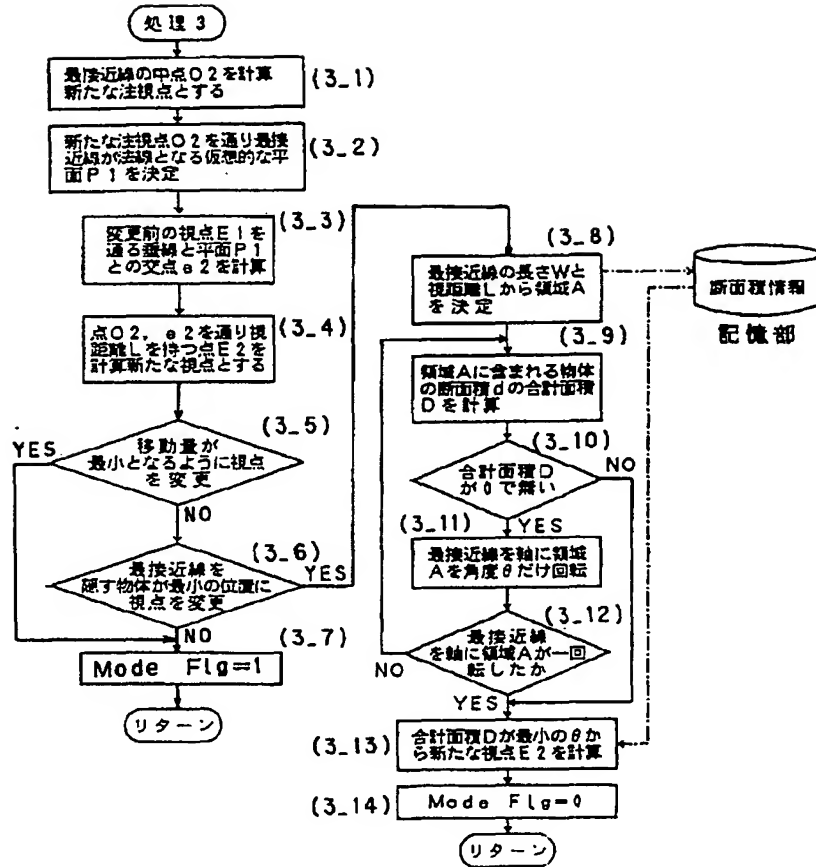
【図10】



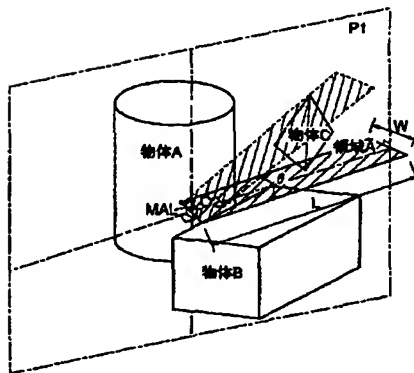
【図12】



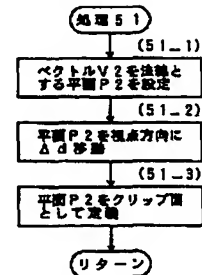
【図6】



【図11】

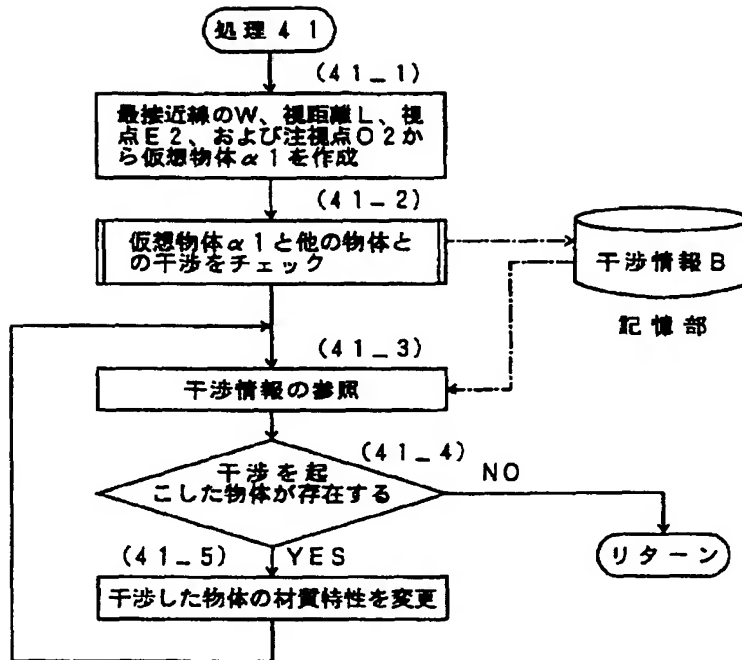


【図16】

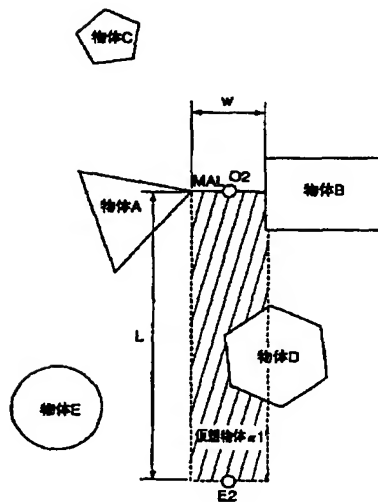




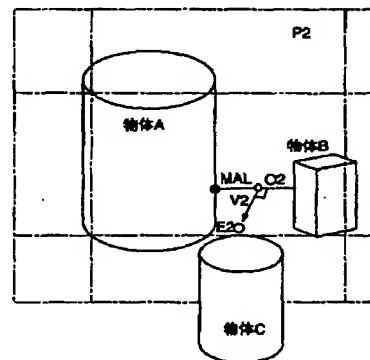
【図13】



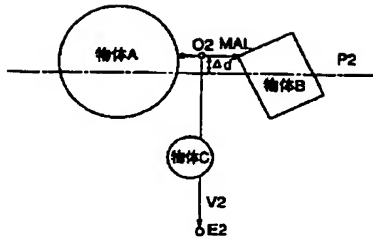
【図14】



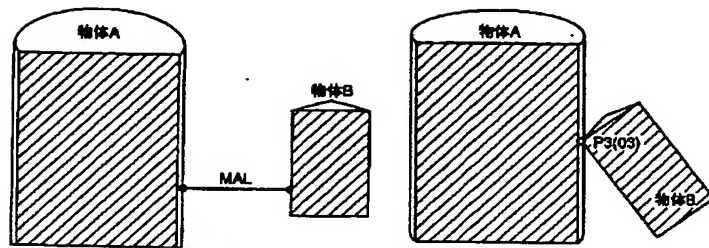
【図17】



【図18】

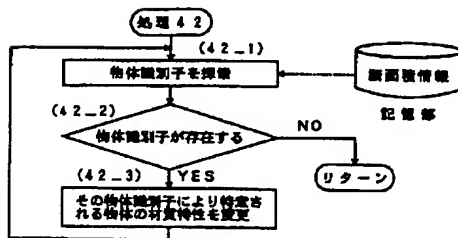


【図19】

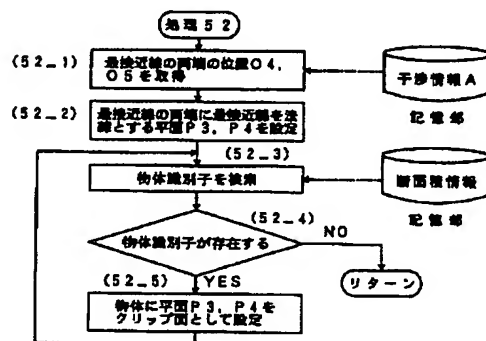


【図33】

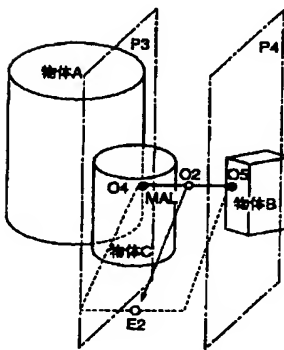
【図20】



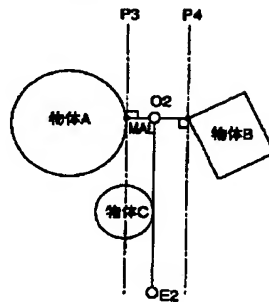
【図21】



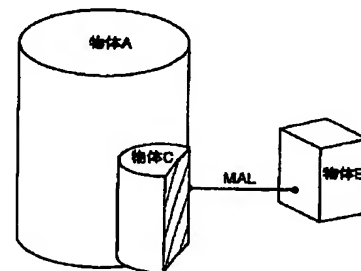
【図22】



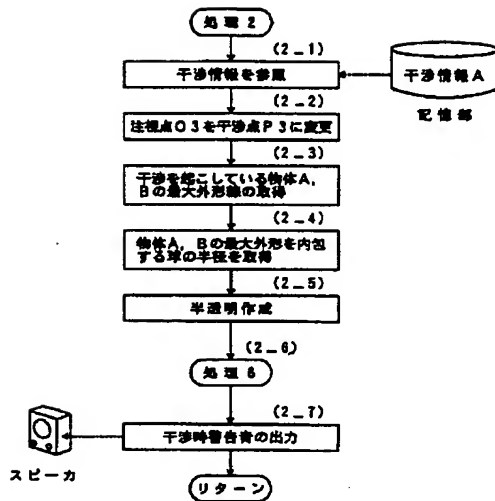
【図23】



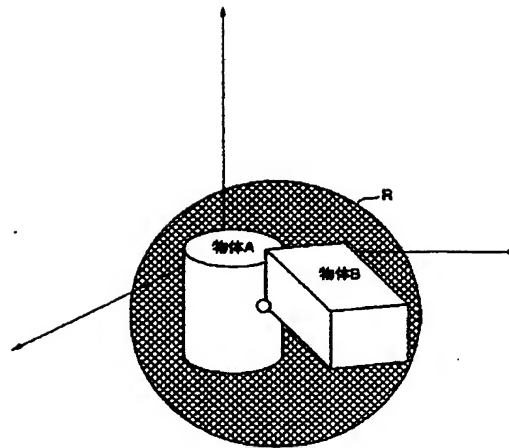
【図24】



【図25】

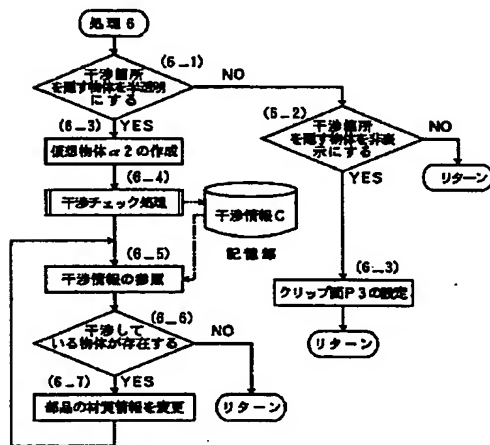


【図26】

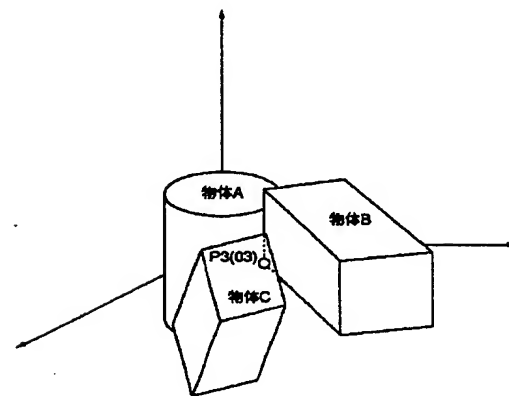


【図28】

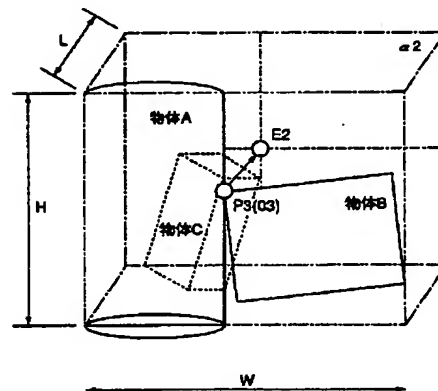
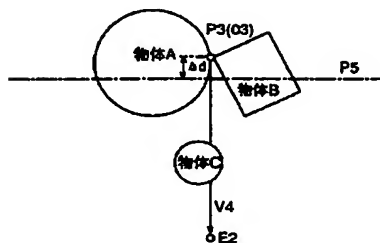
【図27】



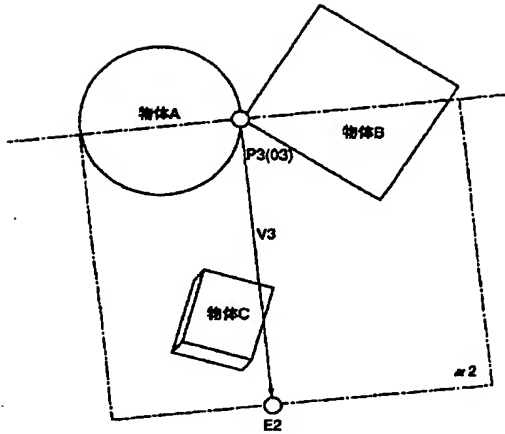
【図30】



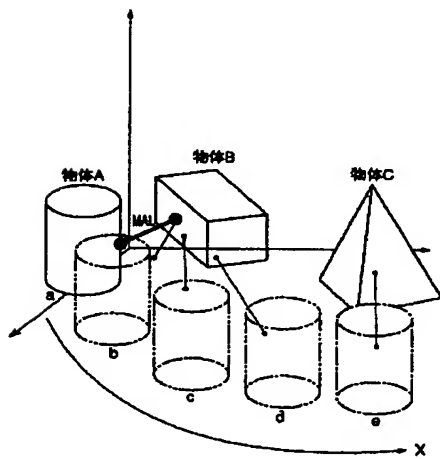
【図32】



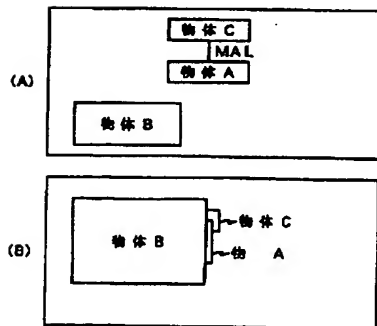
【図29】



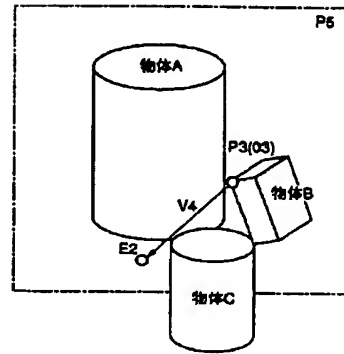
【図34】



【図36】



【図31】



【図35】

